



El monóxido de bromo en la atmósfera: Distribución en latitudes subtropicales

O. Puentedura¹, M. Gil¹, M. Navarro¹ y C.López²

(1) Área de Investigación e Instrumentación Atmosférica. INTA

(2) SIELTEC CANARIAS S.L.- Observatorio Atmosférico de Izaña - INM

El Área de Investigación e Instrumentación Atmosférica del INTA instaló en Noviembre de 2001 en el observatorio Atmosférico de Izaña, bajo el marco del convenio de colaboración INTA-INM, un espectrómetro ultravioleta visible que utilizando la técnica de espectroscopía de absorción diferencial (DOAS) tiene como objetivo la medida rutinaria de monóxido de bromo. En este trabajo se describe muestra la columna slant diferencial de monóxido de bromo, obtenida durante el periodo de medidas comprendido entre Noviembre de 2001 y Noviembre de 2002.

1. Introducción

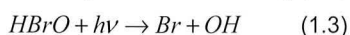
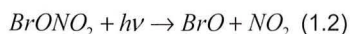
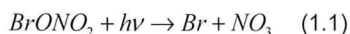
El papel de los compuestos bromados en la destrucción de ozono es muy importante, tanto en latitudes altas como medias [WMO, 1999]. Los estudios teóricos realizados sobre la contribución de compuestos bromados en la destrucción de ozono, [Lary, 1996, Lary et al. 1996, Daniel et al., 1999], indican que para las condiciones atmosféricas de latitudes medias, la eficiencia de los ciclos catalíticos de bromo en la destrucción de ozono, es mayor que en los ciclos análogos de cloro, por lo que, a pesar de que el bromo es dos órdenes de magnitud menos abundante que el cloro [Wennberg et al., 1994], es un destructor de ozono más efectivo. Incluso en las regiones polares, según muestran los modelos químicos, más de un 50% de la destrucción total del ozono podría estar causado por compuestos bromados [Chipperfield and Pyle, 1998].

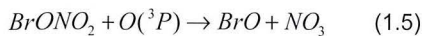
Las emisiones de bromo debidas a la actividad humana han experimentado un gran incremento, aumentando la carga de bromo en la atmósfera de 10 ppt al doble desde 1970 hasta 2000. Las principales fuentes de bromo son el bromometano, y los halones (halon-1211, halon-1301 y halon-2402) además del bromoclorometano y el dibromometano [WMO, 1999].

Aunque se conoce la importancia del bromo en la química estratosférica del ozono, existen pocas observaciones de compuestos inorgánicos bromados presentes en la estratosfera, las principales especies de reserva de bromo, el nitrato de bromo y cloruro de bromo, no han sido medidas nunca en la estratosfera y existen muy pocas medidas de ácido hipobromoso (HOBr). La única excepción es el monóxido de bromo (BrO), del que existen medidas, utilizando la técnica DOAS aplicada a la radiación difusa del cenit durante los crepúsculos, en latitudes altas y medias [Carrol et al., 1989, Alliwel et al. 1997, Frieß et al., 1999, Sinhuber 2002], sin embargo, no existen medidas en latitudes subtropicales, que hayan sido publicadas hasta la fecha.

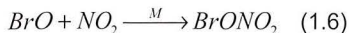
2. Química del bromo en la estratosfera.

En latitudes medias, la mayor parte del bromo inorgánico presente en la estratosfera, entre un 40% y un 75%, se encuentra, durante el día, en forma de BrO. En presencia de luz, el monóxido de bromo es liberado de las especies de reserva, BrONO₂, BrCl y HBrO mediante fotólisis o reacción del HBrO y BrONO₂ con oxígeno atómico (O³P).

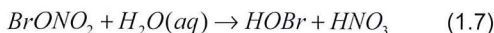




El nitrato de bromo es la principal especie de reserva de bromo en la estratosfera:



En ausencia de luz, la hidrólisis heterogénea de BrONO_2 sobre aerosoles sulfúricos, produce HBrO que pasa a ser la principal especie de reserva de bromo cuando amanece, en la estratosfera baja:



Esta reacción es de gran importancia ya que modifica las abundancias de NO_x y HO_x , lo que tiene implicaciones muy importantes en la destrucción de ozono [Hanson et al., 1995, Lary et al. 1996]. Sin embargo, entre 25 y 35 km, las especies predominantes son el nitrato de bromo y el monóxido de bromo.

3. Medidas

El Área de Investigación e Instrumentación Atmosférica del INTA, instaló un espectrógrafo a finales de 2001 en el observatorio atmosférico de Izaña para la medida rutinaria de BrO . Se trata de un espectrógrafo ultravioleta visible con un monocromador estabilizado térmicamente y un detector de matriz lineal de diodos operando a baja temperatura, que recoge automáticamente, durante los crepúsculos, la radiación difusa del cenit.

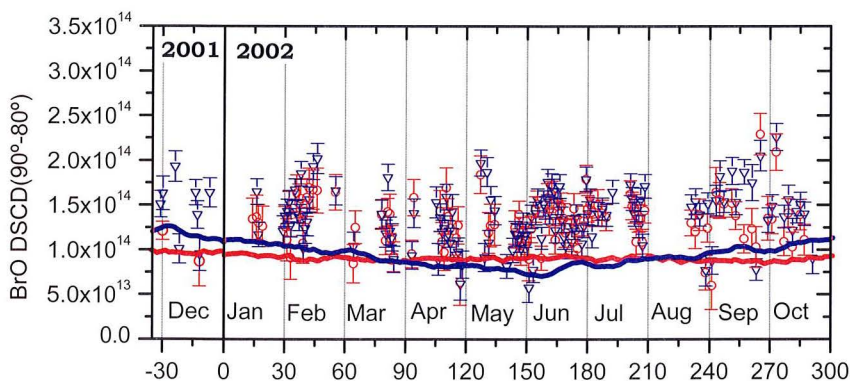


Fig. 1. Column slant diferencial de BrO en el periodo 2001/2002.

La técnica utilizada para la obtención del contenido de la columna slant diferencial de BrO es la espectroscopía de absorción diferencial (DOAS), que se basa en la aplicación de la ley de Bourguer-Lambert-Beer, al espesor óptico diferencial de n absorbentes, de un espectro tomado al cenit, I_M y otro espectro tomado cuando el ángulo cenital solar es bajo, I_R :

$$\text{Ln}'(I_M(\lambda)/I_R(\lambda)) = -\sum_i \sigma_i'(\lambda)\Delta S_i \quad (1.8)$$



Con esta técnica es posible calcular la diferencia de columna slant de cada absorbente entre el espectro I_M e I_R ; ΔS_i , denominada columna slant diferencial del absorbente i , conocidas las correspondientes secciones eficaces diferenciales de absorción, $\sigma_i(\lambda)$.

4. Resultados

En este trabajo se muestran los resultados preliminares de la columna slant diferencial de monóxido de bromo obtenida mediante DOAS de la radiación difusa medida al cenit durante los crepúsculos, sobre el observatorio de Izaña (Tenerife, 28°18'N, 16°69'W), en el año 2002.

En la figura 1 se muestra la columna slant diferencial (DCSD) de monóxido de bromo entre ángulos cenitales de 80° y 90°, obtenida utilizando las secciones de absorción recomendadas en la última campaña de intercomparación de la NDSC realizada a principios de año en AndΦya [Vandaele, 2003]. Los resultados obtenidos para las medidas están representados como círculos, rojos para las medidas de la mañana y triángulos azules para las de la tarde. Estos datos se comparan con los resultados obtenidos del modelo químico tridimensional SLIMCAT [Chipperfield, 1993], representados en la misma figura por líneas continuas.

En esta gráfica puede observarse que la columna slant diferencial oscila entre 1 y 1.5 10^{14} molec.cm², valor ligeramente menor que lo observado en otras estaciones situadas en latitudes medias como el observatorio de Haute Provenze (OHP, 44°N) [Sinnhuber et al., 2002]. Las columnas observadas son mayores que las obtenidas mediante el modelo SLIMCAT, lo que puede deberse al diferente conjunto de secciones eficaces que se han utilizado en el modelo y en la obtención de las columnas observadas y a que el modelo no considera la existencia de monóxido de bromo en la troposfera libre.

No se observa un marcado comportamiento estacional a lo largo del año y tampoco se observan diferencias claras entre la mañana y la tarde.

5. Referencias

- Aliwell S. R. et al. J. Geophys. Res., 107, D14, ACH10. 2002.
Carroll, M.A. et al. J. Geophys. Res., 94, 16633-16638. 1989.
Chipperfield M. et al. J. Geophys. Res. 98, 7199-7228, 1993.
Chipperfield M. and J.A. Pyle. J. Geophys. Res., 103, 28389-28403. 1998.
Daniel, J.S. et al. J. Geophys. Res., 104, 23871-23880. 1999.
Frieß U. Dissertation submitted to the combined Faculties for the Natural Sciences and for Mathematics of the Rupertus Carola University of Heidelberg, Germany. 2001.
Hanson D.R. and Ravishankara A.R. Geophys. Res. Lett., 22, 385-388. 1995.
Lary D.J. J. Geophys. Res. Vol 101 n° D1, pp 1505-1516 y 1489-1504. 1996.
Sinnhuber B.-M. et al. J. Geophys. Res., 107, D19, ACH11. 2002.
Vandaele A.C. et al., presentación del congreso SOLVE/VINTERSOL en 2003.
Wennberg P. O. Science, 266, 398-404. 1994.
World Meteorological Organization (WMO). Scientific Assessment Ozone Depletion:1998. Global Ozone Monitoring Project Rep. N° 44. 1999.